

what is claimed is :

1. 第1面上のパターンを第2面上に投影する投影光学系の光学特性を計測する光学特性計測方法であって、

少なくとも1つの露光条件を変更しながら、前記第1面上に配置された計測用パターンを前記投影光学系の第2面側に配置された物体上に順次転写してマトリックス状に配置された複数の区画領域から成る全体として矩形の第1領域を前記物体上に形成する第1工程と；

前記第1領域の周囲の少なくとも一部の前記物体上の領域に過露光の第2領域を形成する第2工程と；

前記第1領域を構成する前記複数の区画領域の少なくとも一部の複数の区画領域における前記計測用パターンの像の形成状態を検出する第3工程と；

前記検出結果に基づいて前記投影光学系の光学特性を求める第4工程と；を含む光学特性計測方法。

2. 請求項1に記載の光学特性計測方法において、

前記第2工程は、前記第1工程に先立って行われることを特徴とする光学特性計測方法。

3. 請求項1に記載の光学特性計測方法において、

前記第2領域は、前記第1領域を取り囲む一回り大きい矩形枠状の領域の少なくとも一部であることを特徴とする光学特性計測方法。

4. 請求項1に記載の光学特性計測方法において、

前記第2工程では、前記第1面上に配置された所定のパターンを前記投影光学系の第2面側に配置された前記物体上に転写して前記第2領域を形成するこ

とを特徴とする光学特性計測方法。

5. 請求項 4 に記載の光学特性計測方法において、

前記所定のパターンは全体として矩形のパターンであり、

前記第 2 工程では、前記第 1 面上に配置された前記全体として矩形のパターンを前記投影光学系の第 2 面側に配置された前記物体上に走査露光方式で転写することを特徴とする光学特性計測方法。

6. 請求項 4 に記載の光学特性計測方法において、

前記所定のパターンは全体として矩形のパターンであり、

前記第 2 工程では、前記第 1 面上に配置された前記全体として矩形のパターンを前記投影光学系の第 2 面側に配置された前記物体上に順次転写することを特徴とする光学特性計測方法。

7. 請求項 1 に記載の光学特性計測方法において、

前記第 2 工程では、前記第 1 面上に配置された前記計測用パターンを前記投影光学系の第 2 面側に配置された前記物体上に過露光となる露光量で順次転写して前記第 2 領域を形成することを特徴とする光学特性計測方法。

8. 請求項 1 に記載の光学特性計測方法において、

前記第 3 工程では、前記第 2 領域の一部を基準として前記第 1 領域を構成する複数の区画領域それぞれの位置を算出することを特徴とする光学特性計測方法。

9. 請求項 1 に記載の光学特性計測方法において、

前記第 3 工程では、前記第 1 領域を構成する複数の区画領域及び前記第 2 領

域に対応する撮像データに基づき、テンプレートマッチングの手法により前記第 1 領域を構成する前記複数の区画領域の少なくとも一部の複数の区画領域における像の形成状態を検出することを特徴とする光学特性計測方法。

10. 請求項 1 に記載の光学特性計測方法において、

前記第 3 工程では、前記第 1 領域を構成する前記複数の区画領域の少なくとも一部の複数の区画領域における像の形成状態を、撮像により得られた前記各区画領域のピクセルデータに関する代表値を判定値として検出することを特徴とする光学特性計測方法。

11. 請求項 10 に記載の光学特性計測方法において、

前記代表値は、前記ピクセルデータの加算値、微分総和値、分散及び標準偏差の少なくとも 1 つであることを特徴とする光学特性計測方法。

12. 請求項 10 に記載の光学特性計測方法において、

前記代表値は、各区画領域内の指定範囲内におけるピクセル値の加算値、微分総和値、分散及び標準偏差のいずれかであることを特徴とする光学特性計測方法。

13. 請求項 10 に記載の光学特性計測方法において、

前記像の形成状態の検出に際し、前記各区画領域の代表値を所定の閾値と比較して二値化することを特徴とする光学特性計測方法。

14. 請求項 1 に記載の光学特性計測方法において、

前記露光条件は、前記投影光学系の光軸方向に関する前記物体の位置及び前記物体上に照射されるエネルギービームのエネルギー量の少なくとも一方を含むこ

とを特徴とする光学特性計測方法。

15. 請求項1に記載の光学特性計測方法において、

前記計測用パターンの転写に際しては、前記投影光学系の光軸方向に関する前記物体の位置と前記物体上に照射されるエネルギービームのエネルギー量をそれぞれ変更しながら、前記計測用パターンを前記物体上に順次転写し、前記像の形成状態の検出に際しては、前記物体上の前記少なくとも一部の複数の区画領域における前記計測用パターンの像の有無を検出し、前記光学特性を求めるに際しては、前記像が検出された複数の区画領域に対応する前記エネルギービームのエネルギー量と前記投影光学系の光軸方向に関する前記物体の位置との相関関係により最良フォーカス位置を決定することを特徴とする光学特性計測方法。

16. 第1面上のパターンを第2面上に投影する投影光学系の光学特性を計測する光学特性計測方法であって、

少なくとも1つの露光条件を変更しながら、前記第1面上に配置されたマルチバーパターンを含む計測用パターンを前記投影光学系の第2面側に配置された物体上に順次転写し、隣接する複数の区画領域から成り、各区画領域に転写された前記マルチバーパターンとこれに隣接するパターンとが、前記マルチバーパターンの像のコントラストが前記隣接するパターンによる影響を受けない距離 L 以上離れている所定の領域を前記物体上に形成する第1工程と；

前記所定の領域を構成する前記複数の区画領域の少なくとも一部の複数の区画領域における像の形成状態を検出する第2工程と；

前記検出結果に基づいて前記投影光学系の光学特性を求める第3工程と；を含む光学特性計測方法。

17. 請求項16に記載の光学特性計測方法において、

前記第2工程では、画像処理の手法により前記像の形成状態を検出することを特徴とする光学特性計測方法。

18. 請求項16に記載の光学特性計測方法において、

前記距離 L は、前記各区画領域を撮像する撮像装置の解像度を R_f 、前記マルチパターン像のコントラストを C_f 、プロセスによって定まるプロセスファクタを P_f 、前記撮像装置の検出波長を λ_f とした場合に、 $L = f(C_f, R_f, P_f, \lambda_f)$ なる関数で表されることを特徴とする光学特性計測方法。

19. 請求項16に記載の光学特性計測方法において、

前記所定の領域は、前記物体上にマトリックス状に配置された複数の区画領域から成る全体として矩形の領域であることを特徴とする光学特性計測方法。

20. 請求項19に記載の光学特性計測方法において、

前記第2工程では、前記所定の領域の外周の輪郭から成る矩形の外枠を前記所定の領域に対応する撮像データに基づいて検出し、その検出された外枠を基準として前記所定の領域を構成する複数の区画領域それぞれの位置を算出することを特徴とする光学特性計測方法。

21. 請求項16に記載の光学特性計測方法において、

前記第1工程では、前記所定の領域内の最外周部に位置する複数の区画領域の少なくとも一部の特定の複数の区画領域が過露光の領域となるように前記露光条件の一部として前記物体上に照射されるエネルギービームのエネルギー量を変更することを特徴とする光学特性計測方法。

22. 請求項16に記載の光学特性計測方法において、

前記第 2 工程では、前記所定の領域を構成する複数の区画領域に対応する撮像データに基づき、テンプレートマッチングの手法により前記所定の領域を構成する前記複数の区画領域の少なくとも一部の複数の区画領域における像の形成状態を検出することを特徴とする光学特性計測方法。

23. 請求項 16 に記載の光学特性計測方法において、

前記第 2 工程では、前記所定の領域を構成する前記複数の区画領域の少なくとも一部の複数の区画領域における像の形成状態を、撮像により得られた各区画領域のピクセルデータに関する代表値を判定値として検出することを特徴とする光学特性計測方法。

24. 請求項 23 に記載の光学特性計測方法において、

前記代表値は、前記ピクセルデータの加算値、微分総和値、分散及び標準偏差の少なくとも 1 つであることを特徴とする光学特性計測方法。

25. 請求項 23 に記載の光学特性計測方法において、

前記代表値は、各区画領域内の指定範囲内におけるピクセル値の加算値、微分総和値、分散及び標準偏差のいずれかであることを特徴とする光学特性計測方法。

26. 請求項 16 に記載の光学特性計測方法において、

前記露光条件は、前記投影光学系の光軸方向に関する前記物体の位置及び前記物体上に照射されるエネルギービームのエネルギー量の少なくとも一方を含むことを特徴とする光学特性計測方法。

27. 請求項 16 に記載の光学特性計測方法において、

前記計測用パターンの転写に際しては、前記投影光学系の光軸方向に関する前記物体の位置と前記物体上に照射されるエネルギービームのエネルギー量をそれぞれ変更しながら、前記計測用パターンを前記物体上に順次転写し、前記像の形成状態の検出に際しては、前記物体上の前記少なくとも一部の複数の区画領域における前記計測用パターンの像の有無を検出し、前記光学特性を求めるに際しては、前記像が検出された複数の区画領域に対応する前記エネルギービームのエネルギー量と前記投影光学系の光軸方向に関する前記物体の位置との相関関係により最良フォーカス位置を決定することを特徴とする光学特性計測方法。

28. 第1面上のパターンを第2面上に投影する投影光学系の光学特性を計測する光学特性計測方法であって、

光透過部に形成される計測用パターンを前記第1面上に配置し、少なくとも1つの露光条件を変更しながら、かつ前記投影光学系の第2面側に配置された物体を前記光透過部のサイズに対応する距離以下のステップピッチで順次移動して前記計測用パターンを前記物体上に順次転写することにより、マトリックス状に配置された複数の区画領域から成る全体として矩形の所定の領域を前記物体上に形成する第1工程と；

前記所定の領域を構成する前記複数の区画領域の少なくとも一部の複数の区画領域における像の形成状態を検出する第2工程と；

前記検出結果に基づいて前記投影光学系の光学特性を求める第3工程と；を含む光学特性計測方法。

29. 請求項28に記載の光学特性計測方法において、

前記第2工程では、前記像の形成状態を画像処理の手法により検出することを特徴とする光学特性計測方法。

30. 請求項28に記載の光学特性計測方法において、

前記ステップピッチは、前記物体上で前記光透過部の投影領域がほぼ接する、あるいは重なるように設定されることを特徴とする光学特性計測方法。

31. 請求項30に記載の光学特性計測方法において、

前記物体には、その表面にポジ型のフォトリソで感光層が形成されるとともに、前記像は前記計測用パターンの転写後に現像処理を経て前記物体上に形成され、前記ステップピッチは、前記物体上で隣接する像間の感光層が前記現像処理により除去されるように設定されることを特徴とする光学特性計測方法。

32. 請求項28に記載の光学特性計測方法において、

前記物体には、その表面にポジ型のフォトリソで感光層が形成されるとともに、前記像は前記計測用パターンの転写後に現像処理を経て前記物体上に形成され、前記ステップピッチは、前記物体上で隣接する像間の感光層が前記現像処理により除去されるように設定されることを特徴とする光学特性計測方法。

33. 請求項28に記載の光学特性計測方法において、

前記第1工程では、前記所定の領域内の最外周部に位置する複数の区画領域の少なくとも一部の特定の複数の区画領域が過露光の領域となるように前記露光条件の一部として前記物体上に照射されるエネルギービームのエネルギー量を変更することを特徴とする光学特性計測方法。

34. 請求項28に記載の光学特性計測方法において、

前記第2工程は、

前記所定の領域の外周の輪郭から成る矩形の外枠を前記所定の領域に対応する撮像データに基づいて検出する外枠検出工程と；

前記検出された外枠を基準として前記所定の領域を構成する複数の区画領域それぞれの位置を算出する算出工程と；を含むことを特徴とする光学特性計測方法。

35. 請求項34に記載の光学特性計測方法において、

前記外枠検出工程では、前記所定の領域の外周の輪郭から成る矩形の外枠を構成する第1辺から第4辺の各辺上でそれぞれ少なくとも2点を求め、前記求めた少なくとも8点に基づいて前記所定の領域の外枠を算出することを特徴とする光学特性計測方法。

36. 請求項34に記載の光学特性計測方法において、

前記算出工程では、既知の区画領域の配列情報を用いて前記検出した外枠の内部領域を等分割して、前記所定の領域を構成する複数の区画領域それぞれの位置を算出することを特徴とする光学特性計測方法。

37. 請求項34に記載の光学特性計測方法において、

前記外枠検出工程は、

前記所定の領域の外周の輪郭から成る矩形の外枠を構成する第1辺から第4辺のうちの少なくとも1辺について概略位置検出を行う概略位置検出工程と；

前記概略位置検出工程で算出された少なくとも1辺の概略位置の検出結果を利用して前記第1辺から第4辺の位置を検出する詳細位置検出工程と；を含むことを特徴とする光学特性計測方法。

38. 請求項37に記載の光学特性計測方法において、

前記概略位置検出工程では、前記所定の領域の画像中心近傍を通る第1方向のピクセル列情報を用いて境界検出を行い、前記所定の領域の前記第1方向の一端、他端にそれぞれ位置し前記第1方向に直交する第2方向に延びる第1辺、第2辺の概略位置をそれぞれ求め、

前記詳細位置検出工程では、

前記求めた前記第1辺の概略位置より所定距離だけ前記第2辺寄りの位置を通る前記第2方向のピクセル列、及び前記求めた前記第2辺の概略位置より所定距離だけ前記第1辺寄りの位置を通る前記第2方向のピクセル列を用いて境界検出を行い、前記所定の領域の前記第2方向の一端、他端にそれぞれ位置し前記第1方向に延びる第3辺、第4辺及び該第3辺、第4辺上の各2点を求め、

前記求めた第3辺より所定距離だけ前記第4辺寄りの位置を通る第1方向のピクセル列、及び前記求めた第4辺より所定距離だけ前記第3辺寄りの位置を通る前記第1方向のピクセル列を用いて境界検出を行い、前記所定の領域の前記第3辺、第4辺上の各2点を求め、

矩形領域である前記所定の領域の4頂点を、前記第1ないし第4辺上の各2点の点に基づいて定まる4本の直線同士の交点として求め、

前記求めた4頂点に基づいて最小二乗法による長方形近似を行い、回転を含めた前記所定の領域の矩形の外枠を算出することを特徴とする光学特性計測方法。

39. 請求項38に記載の光学特性計測方法において、

前記境界検出に際して、誤検出を起こし難い境界の検出情報を用いて、誤検出を起こし易い境界の検出範囲を限定することを特徴とする光学特性計測方法。

40. 請求項38に記載の光学特性計測方法において、

前記境界検出に際しては、前記各ピクセル列のピクセル値から成る信号波形

と所定の閾値 t との交点を求め、該求めた各交点の近傍の極大値及び極小値を求め、

求めた極大値及び極小値の平均値を新たな閾値 t' とし、

前記波形信号が前記極大値と極小値間で新たな閾値 t' を横切る位置を求め、その位置を境界位置とすることを特徴とする光学特性計測方法。

4 1. 請求項 4 0 に記載の光学特性計測方法において、

前記閾値 t は、

所定の範囲の振り幅で閾値を変化させつつ、該閾値と前記境界検出用に取り出した直線状のピクセル列のピクセル値から成る信号波形との交点数を求め、該求めた交点数が、前記計測用パターンによって決まる目標交点数に一致したときの閾値を仮閾値とし、該仮閾値を含み、前記交点数が前記目標交点数となる閾値範囲を求め、その求めた閾値範囲の中心を前記閾値 t として決定することによって設定されていることを特徴とする光学特性計測方法。

4 2. 請求項 4 1 に記載の光学特性計測方法において、

前記振り幅は、前記境界検出用に取り出した直線状のピクセル列におけるピクセル値の平均と標準偏差を基に設定されていることを特徴とする光学特性計測方法。

4 3. 請求項 2 8 に記載の光学特性計測方法において、

前記第 2 工程では、前記所定の領域に対応する撮像データに基づき、テンプレートマッチングの手法により前記第 1 領域を構成する前記複数の区画領域の少なくとも一部の複数の区画領域における像の形成状態を検出することを特徴とする光学特性計測方法。

44. 請求項28に記載の光学特性計測方法において、

前記第2工程では、前記所定の領域を構成する前記複数の区画領域の少なくとも一部の複数の区画領域における像の形成状態を、撮像により得られた前記各区画領域のピクセルデータに関する代表値を判定値として検出することを特徴とする光学特性計測方法。

45. 請求項44に記載の光学特性計測方法において、

前記代表値は、前記ピクセルデータの加算値、微分総和値、分散及び標準偏差の少なくとも1つであることを特徴とする光学特性計測方法。

46. 請求項44に記載の光学特性計測方法において、

前記代表値は、各区画領域内の指定範囲内におけるピクセル値の加算値、微分総和値、分散及び標準偏差のいずれかであることを特徴とする光学特性計測方法。

47. 請求項46に記載の光学特性計測方法において、

前記指定範囲は、前記計測用パターンの像と前記区画領域との設計上の位置関係に応じて定まる縮小率で前記各区画領域を縮小した縮小領域であることを特徴とする光学特性計測方法。

48. 請求項28に記載の光学特性計測方法において、

前記露光条件は、前記投影光学系の光軸方向に関する前記物体の位置及び前記物体上に照射されるエネルギービームのエネルギー量の少なくとも一方を含むことを特徴とする光学特性計測方法。

49. 請求項28に記載の光学特性計測方法において、

前記第 1 工程では、前記投影光学系の光軸方向に関する前記物体の位置と前記物体上に照射されるエネルギービームのエネルギー量をそれぞれ変更しながら、前記計測用パターンを前記物体上に順次転写し、

前記第 2 工程では、前記物体上の前記少なくとも一部の複数の区画領域における前記計測用パターンの像の有無を検出し、

前記第 3 工程では、その像が検出された複数の区画領域に対応する前記エネルギービームのエネルギー量と前記投影光学系の光軸方向に関する前記物体の位置との相関関係により最良フォーカス位置を決定することを特徴とする光学特性計測方法。

50. 第 1 面上のパターンを第 2 面上に投影する投影光学系の光学特性を計測する光学特性計測方法であって、

少なくとも 1 つの露光条件を変更しながら、前記第 1 面上に配置された計測用パターンを前記投影光学系の第 2 面側に配置された物体上の複数の領域に順次転写する第 1 工程と；

前記計測用パターンが異なる露光条件で転写された前記物体上の前記複数の領域を撮像し、複数のピクセルデータからなる領域毎の撮像データをそれぞれ求め、前記複数の領域の少なくとも一部の複数の領域について、該領域毎のピクセルデータに関する代表値を用いて前記計測用パターンの像の形成状態を検出する第 2 工程と；

前記検出結果に基づいて前記投影光学系の光学特性を求める第 3 工程と；を含む光学特性計測方法。

51. 請求項 50 に記載の光学特性計測方法において、

前記第 2 工程では、前記複数の領域の少なくとも一部の複数の領域について、領域毎に全てのピクセルデータの加算値、微分総和値、分散及び標準偏差の少

なくとも1つを代表値とし、該代表値と所定の閾値とを比較して前記計測用パターンの像の形成状態を検出することを特徴とする光学特性計測方法。

52. 請求項50に記載の光学特性計測方法において、

前記第2工程では、前記複数の領域の少なくとも一部の複数の領域について、領域毎に一部のピクセルデータの加算値、微分総和値、分散及び標準偏差の少なくとも1つを代表値とし、該代表値と所定の閾値とを比較して前記計測用パターンの像の形成状態を検出することを特徴とする光学特性計測方法。

53. 請求項52に記載の光学特性計測方法において、

前記一部のピクセルデータは、前記各領域内の指定範囲内におけるピクセルデータであり、前記代表値は、前記ピクセルデータの加算値、微分総和値、分散及び標準偏差のいずれかであることを特徴とする光学特性計測方法。

54. 請求項53に記載の光学特性計測方法において、

前記指定範囲は、前記各領域内における前記計測用パターンの配置に応じて定められた前記各領域の部分領域であることを特徴とする光学特性計測方法。

55. 請求項50に記載の光学特性計測方法において、

前記第2工程では、異なる複数の閾値と前記代表値とを比較して閾値毎に前記計測用パターンの像の形成状態を検出し、

前記第3工程では、前記閾値毎に求めた前記検出結果に基づいて光学特性を計測することを特徴とする光学特性計測方法。

56. 請求項50に記載の光学特性計測方法において、

前記第2工程は、

前記複数の領域の少なくとも一部の複数の領域について、領域毎に全てのピクセルデータの加算値、微分総和値、分散及び標準偏差の少なくとも１つを代表値とし、該代表値と所定の閾値とを比較して前記計測用パターンの像の第１の形成状態を検出する第１検出工程と；

前記複数の領域の少なくとも一部の複数の領域について、領域毎に一部のピクセルデータの加算値、微分総和値、分散及び標準偏差の少なくとも１つを代表値とし、該代表値と所定の閾値とを比較して前記計測用パターンの像の第２の形成状態を検出する第２検出工程と；を含み、

前記第３工程では、前記第１の形成状態の検出結果と前記第２の形成状態の検出結果とに基づいて、前記投影光学系の光学特性を求めることを特徴とする請求項１に記載の光学特性計測方法。

５７． 請求項５６に記載の光学特性計測方法において、

前記第２工程では、異なる複数の閾値と前記代表値とを比較して閾値毎に前記計測用パターンの像の第１の形成状態及び第２の形成状態をそれぞれ検出し、

前記第３工程では、前記閾値毎に求めた前記第１の形成状態及び第２の形成状態の検出結果に基づいて光学特性を計測することを特徴とする光学特性計測方法。

５８． 請求項５０に記載の光学特性計測方法において、

前記露光条件は、前記投影光学系の光軸方向に関する前記物体の位置及び前記物体上に照射されるエネルギービームのエネルギー量の少なくとも一方を含むことを特徴とする光学特性計測方法。

５９． 請求項５０に記載の光学特性計測方法において、

前記第１工程では、前記投影光学系の光軸方向に関する前記物体の位置と前

記物体上に照射されるエネルギービームのエネルギー量をそれぞれ変更しながら、前記計測用パターンの像を前記物体上の複数の領域に順次転写し、前記第2工程では、前記投影光学系の光軸方向に関する位置毎に前記像の形成状態を検出し、前記第3工程では、その像が検出された前記エネルギービームのエネルギー量と前記投影光学系の光軸方向に関する位置との相関関係により最良フォーカス位置を決定することを特徴とする光学特性計測方法。

60. 露光用のエネルギービームをマスクに照射し、前記マスクに形成されたパターンを投影光学系を介して物体上に転写する露光方法であって、

請求項1に記載の光学特性計測方法によって計測された前記光学特性を考慮して前記投影光学系を調整する工程と；

前記調整された投影光学系を介して前記マスクに形成されたパターンを前記物体上に転写する工程と；を含む露光方法。

61. リソグラフィ工程を含むデバイス製造方法であって、

前記リソグラフィ工程では、請求項60に記載の露光方法を用いることを特徴とするデバイス製造方法。

62. 露光用のエネルギービームをマスクに照射し、前記マスクに形成されたパターンを投影光学系を介して物体上に転写する露光方法であって、

請求項16に記載の光学特性計測方法によって計測された前記光学特性を考慮して前記投影光学系を調整する工程と；

前記調整された投影光学系を介して前記マスクに形成されたパターンを前記物体上に転写する工程と；を含む露光方法。

63. リソグラフィ工程を含むデバイス製造方法であって、

前記リソグラフィ工程では、請求項 6 2 に記載の露光方法を用いることを特徴とするデバイス製造方法。

6 4. 露光用のエネルギービームをマスクに照射し、前記マスクに形成されたパターンを投影光学系を介して物体上に転写する露光方法であって、

請求項 2 8 に記載の光学特性計測方法によって計測された前記光学特性を考慮して前記投影光学系を調整する工程と；

前記調整された投影光学系を介して前記マスクに形成されたパターンを前記物体上に転写する工程と；を含む露光方法。

6 5. リソグラフィ工程を含むデバイス製造方法であって、

前記リソグラフィ工程では、請求項 6 4 に記載の露光方法を用いることを特徴とするデバイス製造方法。

6 6. 露光用のエネルギービームをマスクに照射し、前記マスクに形成されたパターンを投影光学系を介して物体上に転写する露光方法であって、

請求項 5 0 に記載の光学特性計測方法によって計測された前記光学特性を考慮して前記投影光学系を調整する工程と；

前記調整された投影光学系を介して前記マスクに形成されたパターンを前記物体上に転写する工程と；を含む露光方法。

6 7. リソグラフィ工程を含むデバイス製造方法であって、

前記リソグラフィ工程では、請求項 6 6 に記載の露光方法を用いることを特徴とするデバイス製造方法。